

新
版

21世纪

高职高专系列教材

通信终端设备 原理与维修

◎周祥瑜 主编

提供电子教案的增值服务



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专系列教材

通信终端设备原理与维修

主 编 周祥瑜
副主编 陈 良
参 编 李文革 董延山
主 审 金 明



机械工业出版社

本书是参照国家职业技能鉴定标准《通信终端设备维修员》编写的。主要介绍了现代通信系统的组成,无线电发射机与接收机的结构,通信设备基本电路,普及型电话机电路原理与故障分析,无绳电话机原理与维修,数字移动通信关键技术,GSM(GPRS)、CDMA手机和小灵通的组成及其电路模块结构、电路分析和故障分析与维修等知识。

本书适合作为高职高专电子、通信类专业的教材,也适合作为通信终端设备维修从业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

通信终端设备原理与维修/周祥瑜主编. —北京:机械工业出版社, 2006.1

(21世纪高职高专系列教材)

ISBN 7-111-16836-4

I. 通… II. 周… III. ①通信设备:终端设备—理论—高等学校:技术学校—教材②通信设备:终端设备—维修—高等学校:技术学校—教材 IV. TN914

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第071997号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:胡毓坚

责任编辑:罗子超 版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧

封面设计:雷明顿 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006年1月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·12.5印张·307千字

0 001—5 000册

定价:18.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专电子技术专业系列教材 编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 祖 炬 董维佳
俞 宁 蒋蒙安 吕何新 伍湘彬
任德齐 华永平 吴元凯

委 员 (按姓氏笔画排序)

马 彪	邓 红	王树忠	王新新	尹立贤
白直灿	包中婷	冯满顺	华天京	吉雪峰
刘美玲	刘 涛	孙吉云	孙津平	朱晓红
李菊芳	邢树忠	陈子聪	杨元挺	张立群
张锡平	苟爱梅	姚建永	曹 毅	崔金辉
黄永定	章大钧	彭文敏	曾日波	谭克清

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 戴红霞

前 言

当前通信产品已成为人们生活、工作中的必需品。本书从实际应用的角度出发,结合通信行业工程实际需要,讲述了通信终端设备的原理与维修技术。

全书共4章,分别讲解了现代通信设备的结构及基本电路,无绳电话机原理与维修,GSM (GPRS)、CDMA 手机原理与维修,以及小灵通手机原理与维护技术。在机型选择时,突出国产手机,以波导手机为例,同时结合三星等国外品牌。

本书结合行业资格证书考核标准,注重实训环节、语言通俗,概念清楚,图文并茂。可作为高职高专电子(通信)类专业理论与实习一体化教材,也可作为电子(通信)类培训教材或自学用书。

由于在实际维修中大多接触的是厂商提供的原机电路图,本书为了使讲授和实际维修衔接,对原机电路图不予变动(有些与国家标准不一致),在此特别予以说明。

本书第1章由周祥瑜编写,第2章由董廷山编写,第3章由陈良编写,第4章由李文革编写。周祥瑜任主编,金明任主审。在编写过程中,得到了重庆电子科技职业学院、重庆电子技师学院师生的大力支持。非常感谢在编写本书时为我们提供有益帮助的同事、学生及朋友,尤其是参考文献的作者。

本书引用了广州凌凯公司的部分资料,在此一并致谢。

书中不足之处,恳请读者批评指正。联系邮箱为 clhzx@263.net。

编 者

目 录

前言

第 1 章 现代通信系统与通信设备 1

1.1 通信系统 1

1.1.1 通信方式 1

1.1.2 通信系统的一般模型 1

1.1.3 数字通信系统模型 2

1.1.4 通信系统的分类 3

1.1.5 通信的频段 4

1.2 无线电发射机与接收机 结构 5

1.2.1 无线电发射机 6

1.2.2 无线电接收机 7

1.3 通信设备基本电路 10

1.3.1 调制与解调 10

1.3.2 振荡电路 15

1.3.3 频率合成器 16

1.3.4 混频电路 17

1.4 无线通信网的组成 19

1.4.1 无绳电话系统 19

1.4.2 GSM 与 GPRS 系统 19

1.4.3 CDMA 系统 22

1.5 用户通信终端设备 23

1.5.1 电话机 23

1.5.2 传真机 24

1.5.3 手机 25

1.5.4 小灵通 27

1.5.5 通信终端设备展望 27

1.6 实训 28

1.7 习题 28

第 2 章 无绳电话机原理与维修 30

2.1 PSTN 电话系统 30

2.1.1 电话通信基本原理及其分类 30

2.1.2 电话通信系统的基本组成 31

2.1.3 电话通信的基本要求 32

2.1.4 市话网的组成 32

2.2 常见电话机的类型与功能 33

2.3 电话机的检修基础 37

2.3.1 电话机的质量技术指标 37

2.3.2 电话机的性能检测 38

2.3.3 电话机的检修方法 40

2.4 普及型电话机的电路原理 与故障分析 42

2.4.1 电话整机电路基本组成 42

2.4.2 常见电话整机电路工作原理 分析 43

2.4.3 电话机常用部件的检修 46

2.4.4 电话机典型故障分析 48

2.5 无绳电话机的电路组成 49

2.5.1 无绳电话机的功能与技术 指标 49

2.5.2 无绳电话机的基本工作原理 50

2.6 主、副机的电路分析 53

2.6.1 双工器和天线输入匹配电路 53

2.6.2 发射部分的射频放大电路 53

2.6.3 锁相环电路的基本工作原理 54

2.6.4 无绳电话机中发射部分的语音 处理电路 55

2.6.5 无绳电话机的接收放大电路 56

2.7 典型无绳电话机的电路分析 57

2.7.1 主机电路原理分析 57

2.7.2 副机电路组成 58

2.7.3 自检功能和测试程序 60

2.8 无绳电话机常见故障分析 与维修 61

2.8.1 无绳电话故障分析 61

2.8.2 HW 868 (II) P/TDS 型无绳 电话主机射频电路 故障检修 65

2.8.3 HW 868 (II) P/TDS 型无绳 电话副机故障分析 66

2.9 实训 67

2.9.1 普及型话机整机常规测试 67

2.9.2 普及型话机整机故障模拟	68	3.7.3 三星 CDMA A399 型手机发射 电路	131
2.9.3 普及型话机整机故障检修	70	3.7.4 UIM 卡接口电路	133
2.9.4 无绳电话主机电路测试	71	3.8 手机维修仪器使用	134
2.9.5 无绳电话副机电路测试	72	3.8.1 维修工具	134
2.9.6 无绳电话机故障维修	74	3.8.2 手机软件故障维修仪	136
2.10 习题	74	3.8.3 维修仪器	138
第 3 章 手机原理与维修	76	3.9 手机故障维修方法	140
3.1 GSM (GPRS) 手机组成 原理	76	3.9.1 手机故障分类	140
3.1.1 手机电路组成	76	3.9.2 手机电路读图	141
3.1.2 SIM 卡	78	3.9.3 手机维修基本条件	142
3.1.3 GSM (GPRS) 手机的工作 过程	80	3.9.4 手机维修基本术语	143
3.1.4 双频 GSM (GPRS) 手机的 技术指标	81	3.9.5 手机维修常用方法	144
3.2 数字移动通信系统中的 语音处理	82	3.10 手机典型故障分析与维修	148
3.2.1 语音编码	83	3.10.1 手机显示故障	148
3.2.2 信道编码	84	3.10.2 手机卡故障	149
3.3 频率管理、越区切换与 双频切换	85	3.10.3 手机不开机故障	149
3.3.1 频率管理	85	3.10.4 手机不入网故障	152
3.3.2 越区切换	86	3.10.5 手机软件故障	156
3.3.3 双频切换	87	3.11 实训	157
3.4 手机电路模块结构	89	3.11.1 手机拆装训练	157
3.4.1 射频电路	89	3.11.2 手机常见信号测试	158
3.4.2 逻辑/音频电路	93	3.11.3 手机主要元部件识别与 检测	160
3.4.3 电源电路	96	3.11.4 手机软件故障维修	161
3.4.4 输入输出 (I/O) 接口部分	99	3.11.5 手机典型故障维修	161
3.5 典型手机电路分析	99	3.12 习题	162
3.5.1 逻辑/音频处理电路原理	99	第 4 章 小灵通手机	164
3.5.2 射频电路工作原理	102	4.1 小灵通系统	164
3.5.3 接口电路分析	104	4.1.1 小灵通系统概述	164
3.6 CDMA 手机电路原理	112	4.1.2 小灵通系统的网络	164
3.6.1 CDMA 手机技术指标	112	4.1.3 小灵通系统的关键技术	165
3.6.2 MSM3100 芯片组合分析	113	4.1.4 小灵通系统的特点与业务	167
3.6.3 三星 CDMA A399 整机电路	115	4.1.5 PHS(小灵通)与 GSM(手机) 系统比较	168
3.7 CDMA 手机电路分析	116	4.1.6 小灵通系统在国内的发展 状况	168
3.7.1 三星 CDMA A399 型手机电源 供电与开关机原理分析	116	4.2 小灵通手机电路分析	169
3.7.2 三星 CDMA A399 型手机接收 电路	127	4.2.1 小灵通手机概述	169
		4.2.2 小灵通手机特点及功能简介	170
		4.2.3 小灵通手机电路分析	171
		4.3 小灵通手机软件维修仪	

使用方法	178	4.4.6 键盘灯、背景灯故障	188
4.4 小灵通手机故障分析	179	4.4.7 其他故障	188
4.4.1 不开机故障	183	4.5 实训	189
4.4.2 接收电路故障	184	4.5.1 小灵通手机写码技术	189
4.4.3 发射电路故障	186	4.5.2 小灵通手机故障维修	190
4.4.4 显示器故障	186	4.6 习题	191
4.4.5 音频接口电路故障	187	参考文献	192

第 1 章 现代通信系统与通信设备

本章要点

- 通信系统模型
- 无线电发射机、接收机基本组成
- 调制与解调基本原理
- GMSK 调制器电路组成
- 压控振荡器 VCO、频率合成器
- 无绳电话系统组成
- GSM 系统组成和 CDMA 数字移动通信系统基本组成
- 传真机、GSM 手机简要组成和手机的技术指标

1.1 通信系统

通信是消息传送的过程。为了传递消息，需要将消息转换成电信号。电信号分为数字信号与模拟信号，如普通电话机输出的话音信号就是模拟信号。

1.1.1 通信方式

如果通信仅在点与点之间进行传送，那么按消息传送的方向与时间，通信的方式可分为单工通信、半双工通信及全双工通信 3 种。

(1) 单工通信方式：是指消息只能单向进行传输的工作方式，如图 1-1a 所示。例如，广播、遥控就是一种单工通信方式。

(2) 半双工通信方式：是指通信双方都能收发消息，但不能同时进行收和发的工作方式，如图 1-1b 所示。例如，使用同一载频工作的普通无线电收发报话机，就是按照这种通信方式工作的。

(3) 全双工通信方式：是指通信双方可同时进行双向传输消息的工作方式，如图 1-1c 所示。例如，普通电话就是最简单的一种全双工通信方式。

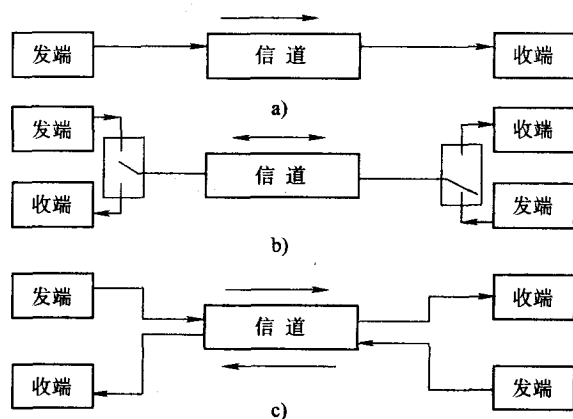


图 1-1 通信方式

a) 单工通信方式 b) 半双工通信方式 c) 全双工通信方式

1.1.2 通信系统的一般模型

根据电信号传递的媒介不同，通信分为有线通信和无线通信两大类。有线

通信是指电信号通过导线、电缆线、光缆线等有线媒介传递的。例如，电话系统、有线电视、光纤通信等。无线通信是指利用空间电磁波作为媒介来传递电信号。例如，无线电广播、无线电视、移动通信、卫星通信等。

传递信息所需的一切技术、设备的总和称为通信系统（网络）。实际上，无论何种通信，都是把发送端的信息传送到接收端。通信系统可以用如图 1-2 所示的模型来表示。

简单地说，构成一个通信系统的主要设备有发送设备、交换设备、接收设备、传输媒介、用户终端设备等。当然，还需要有相应的系统软件（协议）作支撑。

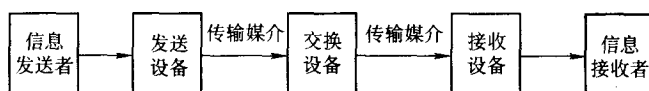


图 1-2 通信系统的一般模型

(1) 交换设备能在任意选定的两条用户线（或信道）之间建立和（而后）释放一条通信链路，并实现整个通信系统的运行和管理。如固定电话系统的程控交换机、数字移动通信系统中的移动交换设备等。

(2) 发送设备的功能是把信号源发出的信息转换成电信号，再进一步把电信号转换成适合传输线路传输的信号。

(3) 接收设备的功能是对发送设备发出的信号进行逆转换。因为发送设备把不同形式的信息转换和处理成适应在信道上传输的信号，一般情况下这种信号是不能被信息接收者直接接收，所以接收设备的作用是把从信道上接收的信号还原成电信号，然后把电信号转换成接收者可以接收的信息。

(4) 传输媒介设备是交换设备之间或交换设备到用户终端设备之间的有线线路或无线信道，它的主要任务是提供信号传输的通路，完成电信号的可靠传输。有线线路一般采用导体馈线或光纤电缆。在移动通信中，交换设备到用户终端设备之间依赖无线信道来传输信息。

实际上，通信系统还会受到各种噪声源的影响。

(5) 电话机、手机、无绳电话、小灵通等都属于用户通信终端设备，它们可以将需要传递的信号（声音、图文、数据等）转换为电信号输出，也可以将收到的电信号转换为声音、图文、数据等，实现发送设备与接收设备的功能。用户通信终端设备的一切呼叫业务依赖于通信网络的支持，它不能离开通信网络而孤立地存在。

1.1.3 数字通信系统模型

若信息源发出的是模拟信号，经过取样、量化和编码等数字化处理后，转换为数字信号。

传送数字信号的通信系统——数字通信系统的组成模型，如图 1-3 所示。一个数字通信系统主要由 8 个部分组成：信源、编码器、调制器、信道、解调器、译码器、信宿和定时同步系统。

下面简要地介绍各部分的组成和功能。

1. 信源和信宿

信源和信宿分别为信息的产生者和接受者，所产生或接受的信号可以是数字的，也可以是模拟的。

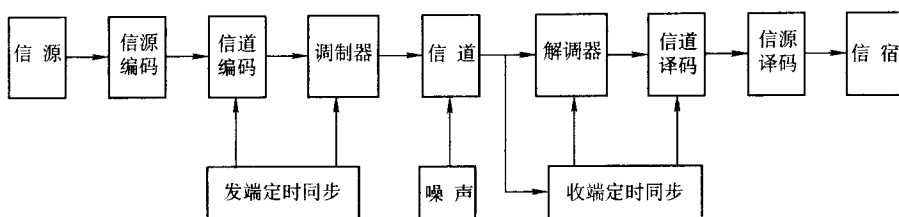


图 1-3 数字通信系统模型

2. 编码器和译码器

(1) 信源编码与译码器。

信源编码器主要起两个作用：一是实现模数转换，把信息源发出的原始信息（连续信号）转换成适当的数字序列（通常是二进制序列）；二是降低信号的数码率，提高信道容量。如脉冲编码调制、声码器、信号的数据率压缩都属于信源编码。

信源译码器是信源编码器的逆过程。

(2) 信道编码与译码。

信道编码包括纠错编码和数字调制，其作用是提高通信的可靠性和传送率。

在传输过程中，信道会遭受到各种噪声干扰，可能导致接收信号的错误。采用纠错编码（又叫信道编码）在发送端按一定的规则加入多余码元，使接收端能发现错码或纠正。同时信道编码可以采用多电平码，提高码元传送率。信道译码的作用和信道编码的作用相反。

3. 调制器和解调器

一般而言，编码器输出的信号不适宜直接送入信道进行传输，通常要进行变换后，以适应信道的传送，这个任务主要由调制器完成。调制主要有两类：一类仅作信号频谱变换，然后直接传送，这种传输称为基带信号传输；另一类除了作频谱变换外，还要进行频谱搬移，以达到信道复用等目的，提高传输效率。

解调是调制的逆过程。

4. 信道和噪声

信道是传输信号的通路。由于构成信道的物理媒介不同，信道可以有有线信道（如电缆、光纤等）、无线信道（如短波、微波等）、卫星信道等。

信号在信道中传输，不可避免地要受到噪声的干扰。噪声多种多样，但主要的噪声可抽象地分为随机噪声（如热噪声、起伏噪声等）和脉冲噪声（如冲击噪声）。不同的噪声对系统的主要影响是不同的。

5. 定时同步系统

任何一个现实的通信系统要正常工作，都必须有一个稳定的定时同步系统。定时系统产生一系列定时信号，使系统有序地工作，同步系统确保收发端机之间具有一定的（相对不变）时间关系。

定时系统应产生高稳定的主时钟及其相应的时序信号。同步主要包括位（比特）同步、码元同步、群同步、载波同步和网同步等。

1.1.4 通信系统的分类

1. 按信息的物理特征分类

根据信息的物理特征的不同，通信系统可分为电报通信系统、电话通信系统、数据通信

系统和图像通信系统等。这些通信系统可以是专用的，但通常是兼容或并存的。由于电话通信系统最为发达，因而其他通信常常是借助于公共的电话通信系统进行的。例如，电报通信通常是从电话话路中划分一部分频带传送，或者是用一个话路传送多路电报。又如，数据通信近距离时多用专线传送，而远距离时常常借助电话通信信道传送。未来的综合数字通信网中，各种类型的信息都能在一个统一的通信网中进行传输、交换和处理。

2. 按调制方式分类

根据是否采用调制，通信系统可划分为基带传输和调制传输。基带传输是指将未调制的信号直接传送，如音频市内电话、数字信号基带传输等。调制传输是对各种信号转化成所需要的形式后传输的总称。

调制的目的主要有以下 3 个方面：

(1) 将信息转换成便于传送的形式。如无线传输必须将信息载在高频上才能发射出去。又如在数字电话中，将连续信号转换为脉冲编码调制信号，以便在数字信道中传输。

(2) 提高性能，特别是抗干扰能力。

(3) 有效地利用频带。

调制方式很多，在后面的章节中将介绍一些典型的调制方式。注意，在实际使用时常常采用复合的调制方式，即用不同调制方式进行多级调制。

3. 按传送信号的特征分类

转换前后的信号与信息之间必须建立单一的对应关系，否则，在接收端就无法恢复出原来的信息。按信道中所传输的是模拟信号还是数字信号来划分，可以相应地把通信系统分为两类，即模拟通信系统和数字通信系统。

4. 按传送信号的复用方式分类

若干路信号在同一信道中传送称为多路复用。传送多路信号有 3 种基本复用方式，即频分复用、时分复用和码分复用。

(1) 频分复用 (FDM) 是指用模拟调制的方法，使各路信号占用不同的频率沿同一信道进行传输，主要用于模拟通信。

(2) 时分复用 (TDM) 是指用脉冲调制的方法，使不同信号占据不同的时间区间沿同一信道传输，主要用于数字通信。

(3) 码分复用 (CDM) 是指用一组正交的脉冲序列分别携带不同的信号。

5. 按传输媒介分类

按传输媒介的不同，通信系统可分为有线（包括光纤）和无线两类。在有线通信中，虽然敷设和维护通信电缆或光缆需要投入相应的费用，但它具有失真小、噪声小、受干扰影响小的特点，能提供准确的信息，有利于通信内容的保密。无线通信是在空间传播，容易接受噪声和干扰，通信质量低，容易泄密。但它的最大特点是能够在无法敷设通信电缆的飞机、船舶等移动体之间实现移动通信或卫星通信。

1.1.5 通信的频段

有线通信和无线通信在实现多路通信时，基本上都是采取不同频率的载频——频道来实现的。根据不同频率的电磁波传播规律的特点，人们把整个频率范围划分为多个通信频段，见表 1-1。

表 1-1 通信的频段

频率范围	频段简称	频段名称	波 长	主 要 用 途
(30 ~ 300)Hz	ELF	极低频	($10^4 \sim 10^3$)km	海底通信、电报
(0.3 ~ 3)kHz	AF	音频	($10^3 \sim 10^2$)km	数据终端、电话
(3 ~ 30)kHz	ALF	甚低频	($10^2 \sim 10$)km	导航、载波电报和电话、频率标准
(30 ~ 300)kHz	LF	低频	($10 \sim 1$)km	导航、电力通信
(0.3 ~ 3)MHz	MF	中频	($10^3 \sim 10^2$)m	广播业务通信、移动通信
(3 ~ 30)MHz	HF	高频	($10^2 \sim 10$)m	广播、军事通信、国际通信
(30 ~ 300)MHz	VHF	甚高频	($10 \sim 1$)m	电视、调频广播、移动通信(模拟)
(0.3 ~ 3)GHz	UHF	超高频	($10^3 \sim 10^2$)mm	电视、雷达、移动通信
(3 ~ 30)GHz	SHF	特高频	($10^2 \sim 10$)mm	卫星通信、微波通信
(30 ~ 300)GHz	EHF	极高频	($10 \sim 1$)mm	射电天文、科学研究

不同的通信技术，需要选用合适的通信频段。通常，海洋通信由于是利用电磁波在水中传播的有利条件，故它用的频率最低，占用 ELF 频段。尽管频率低，但仍然可以远距离传输。

早期的有线直流电报频率很低，也占用 ELF 频段。目前使用的有线电话直接在电话线上传输音频基带信号，即原始电信号。因此，它必然是占用 AF 音频频段。另外，数据传输业务通常也使用 AF 音频段来传输 300 ~ 9600bit/s 的数据信号。随着数据通信业务需求量的日益增长，目前已采用频分多路复用和时分脉冲编码多路复用技术，其载波频率范围已从 ALF 频段扩展到 VHF 频段，甚至还有占用 UHF 频段。

甚低频 (ALF) 信号的频率稳定度容易做得很高，因此这个频段适用作导航或频率标准方面。

电力通信是利用电力高压输电线实现有线通信，目前占用 LF 频段。远距离无线通信 (包括国际通信) 采用 HF 频段，即所谓的短波通信，但它的通信质量一直是技术难题，目前已改用卫星通信。卫星通信占用 SHF 频段。

民用广播占用 MF 和 HF 两个频段，而且均采用调幅 (AM) 制。调频广播由于调频 (FM) 制占据带宽较宽，所以常使用 VHF 频段。电视占用 VHF 和 UHF 两个频段，VHF 有 12 个频道，UHF 有 100 多个频道。现代的移动通信已同有线通信联网，因此所要求传播的无线距离不远。

移动通信早先采用调幅制，占用 MF 频段。随着移动通信技术的发展，现已改用调频制，占用 VHF 和 UHF 频段。

军用通信通常采用单边带调制 (SSB)，因此占用短波段 HF 频段。现代用于军事方面的通信已采用扩频和跳频技术，因此使用频段也开始扩展到 VHF 和 UHF 频段。雷达要求方向性好，占用 UHF 频段。在这个频段内的波长尺寸适合做方向性很强的雷达天线。光通信所占用的频段已超出 EHF 频段了，表中没有列出。

1.2 无线电发射机与接收机结构

手机、无绳电话、小灵通等都是通信终端设备，它们既可以将需要传递的信号 (声音、

图文、数据等)转换为电信号并发射出去,也可以将空间的电磁波接收并转换为声音、图文、数据等,同时兼有无线电发射机与接收机的功能。掌握无线电发射机与接收机的基本结构是非常重要的。

1.2.1 无线电发射机

将声音、图像、计算机数据等信号转变为已调制的电波并发射出去的装置叫作发射机。

1. 无线电发射机的基本组成

如果把声音和图像按原来的频率直接在电波上传输,当有多个用户同时通信时,在一个频率上会发生多个信号互相重合,导致接收方接收到多个信号,很难找到所要接收的有用信号,导致无法正常通信。因此,发射(接收)的频率要有所不同。

调制是由无线电发射机完成的。发射机主要由载波发生器、调制器、必要的功率放大器和发射天线组成,其组成框图如图 1-4 所示。

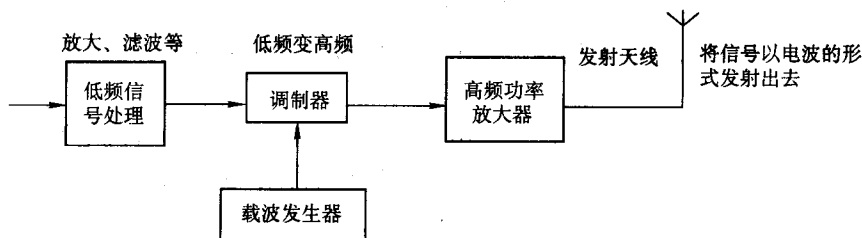


图 1-4 无线电发射机基本组成框图

以一个无线电台的电波发射为例,把电台播音员的声音(300 ~ 3400Hz)通过高频 101.5MHz 的电波发射出去,整个发射需要通过两个过程:

(1) 调制。首先将音频信号转换成以 101.5MHz 为中心频带的电压或电流,这个过程叫作调制,通过调制电路来完成。调制电路是发射机的重要组成部分。

(2) 无线电波发射。将以 101.5MHz 为中心频带的电压或电流转换成无线电波。这个过程需要高频功率放大器、馈线和天线等设备来完成。

2. 无线电发射机的主要技术指标

(1) 输出功率。输出功率是指发射机的载波输出功率。根据输出功率的大小,发射机可以分为大功率发射机(1kW 以上)、中功率发射机(50W 到几百 W)、小功率发射机(50W 以下)。发射机的功率越大,信号可传播的距离就越远。但盲目地增加输出功率不仅会造成浪费,更主要的是增加了对其他通信系统的干扰,不利于频率的有效利用。

(2) 频率范围与频率间隔。频率范围是指发射机的工作频率范围。频率间隔是指相邻两个工作频点之间的频率差值。通常要求在频率范围内任一工作频率上,发射机的其他各项电指标均能满足要求。

(3) 频率准确度与频率稳定度。由于发射机内部高频振荡元件的标准与老化等因素,不同时刻发射机的频率准确度也不同,因此在说明频率准确度时必须说明测试时间。

频率稳定度反映发射机载波频率作随机变化的波动情况。根据对发射机观察时间的长短,频率稳定度可分为长期稳定度、短期稳定度和瞬时频率稳定度。

(4) 邻道功率。邻道功率是指发射机在规定调制状态下工作时，其输出落入相邻波道内的功率。通常用邻道功率和发射机载波功率之比来表示，邻道功率的大小主要取决于已调波频带的扩展和发射机的噪声。

(5) 寄生辐射。寄生辐射是指发射机有用频率以外的一切寄生频率的辐射。它包括载波频率的各次谐波以及晶振频率的高次谐波。发射机可能在很宽的频率范围内干扰其他发射机的正常工作。在电台密集的地区，必须严格限制各种发射机的寄生辐射。

(6) 调制特性。调制特性包括调制频率特性和调制线性。

调制频率特性即发射机的音频响应，是指当调制信号的输入电平恒定时，已调波振幅（对于线性调制）、频偏（对于调频）或相位偏移（对调相）与调制信号频率之间的关系。要求在 300 ~ 3400Hz 的频率范围内调制特性平坦，而在 3400Hz 以上，要求调制频率特性曲线迅速下降，以便使话音中无用的高音分量受到充分的抑制。

调制线性是指在使用规定的调制频率（1000Hz）时，已调波的振幅（调幅波）或相移（调相波）随调制信号电平变化的函数关系的线性度。调制线性好，可以减少所传送信号的非线性失真。

按照信号的调制方式发射机可分为调幅发射机、调频发射机和调相发射机。

1.2.2 无线电接收机

无线电接收机是用于接收无线电信号的通信设备。接收过程与发射过程相对应。它需要完成两个转换：将电磁波转变为高频电信号，再将电信号转换为信息。

由于来自空间的电磁波已经很微弱，且带有大量的干扰和噪声，接收后还必须对信号进行放大、选择和消除干扰。无线电接收机中以超外差式接收机的接收性能最好，工作也最稳定，因而在通信、广播和电视接收机中被大量使用。

接收机主要由接收天线、选频放大器和解调器等组成。

1. 直接放大式接收机

直接放大式接收机结构组成框图如图 1-5 所示。对天线接收到的高频信号，直接进行放大，然后检波，把音频信号从已调的高频信号中取出，再经低频放大，送到扬声器等其他终端设备中。

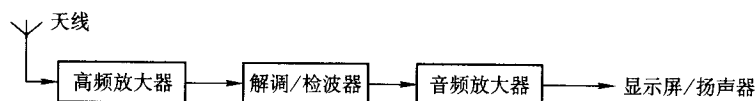


图 1-5 直接放大式接收机组成框图

电路简单，易于安装，但选择性、灵敏度等性能不够理想，只适用于单一频点的接收机。当接收机从接收某一信号频率转换到接收另一个频率较高的信号时，包括输入回路及所有高频放大器都要调谐到被接收信号的频率上，其放大和选择信号的能力会变差。此外，还容易产生振荡，工作不稳定。

2. 超外差式接收机

超外差式接收机的结构组成框图如图 1-6 所示。

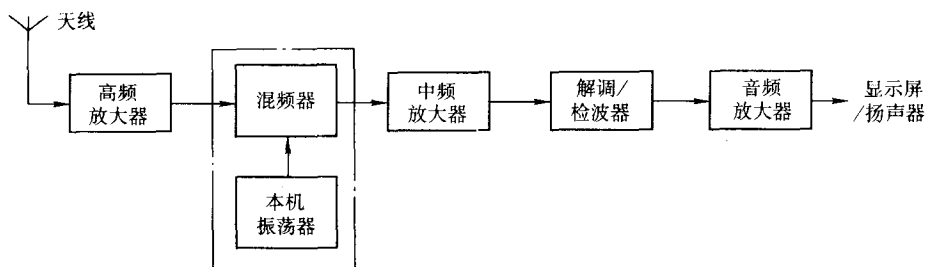


图 1-6 超外差式接收机组成框图

超外差式接收机在解调前加入了载波频率变换与中频放大，它的增益与选择性较高，在整个频段内增益比较平稳。

其工作原理是：从天线接收到的已调信号，经过输入电路和高频放大器的选择和放大进入变频器，经过变频器使原来的载波信号变为固定频率的中频信号，再经过中频放大器进行放大。由于中频放大器的工作频率固定，而且通常比接收到的信号频率低，这样有利于提高放大量，也便于采用复杂调谐电路，提高接收机的选择性。

变频过程：本机振荡器产生一个等幅正弦振荡波，与外来的载波信号在变频器内经过非线性混频，得出一个与外来信号调制规律相同，频率固定不变的较低载频的已调信号，这个载频叫中间频率，简称中频。

但是这个中频信号仍是调制信号，必须用解调/检波器把原来的音频调制信号取出来，并滤除残余的中频分量，再由音频放大器放大传送到扬声器等发声或显示。

由于中频是固定的，其谐振电路一次调准后，不需随时调整，所以它的选择性好、增益高、工作稳定。

3. 二次变频超外差式接收机

经过两次变频的超外差式接收机叫作二次变频超外差接收机，其组成框图如图 1-7 所示。

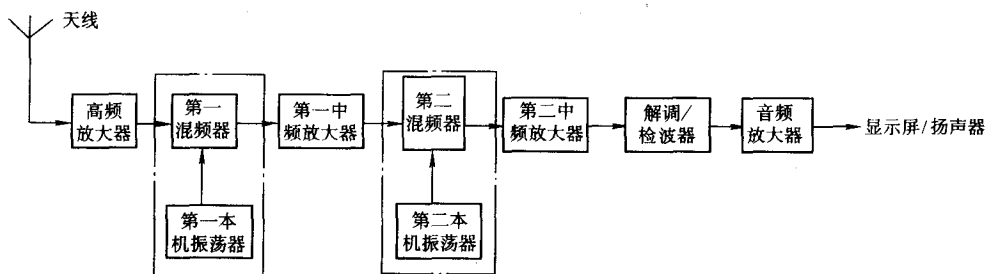


图 1-7 二次变频超外差接收机组成框图

经过两次变频，有两个不同频率的中频，第一个中频频率较高，第二个中频频率较低。二次变频超外差式接收机对镜像干扰与邻道干扰都有较大的抑制能力，但电路较复杂。

4. 新一代数字通信机

近年来，由于数字信号处理（DSP）技术、多层贴片（MCM）技术和专用集成电路（A-

SIC)等技术的高速发展,使新一代接收机发展成数字中频式接收机和直接数字变频式接收机。

数字中频接收机其结构仍然是超外差型,用模拟变频方法把射频已调信号变换到易于 DSP 处理的中频,然后再用 A/D 变换和 DSP 技术对这一中频已调信号进行提取和解调。而直接数字变频接收机已经接近软件无线电接收机了,它是利用现有的 A/D 技术和 DSP 技术,采用分阶段实现软件化的通信机结构,如图 1-8 所示。现有的 ADC 和 DAC 不可能直接从 RF 中进行采样处理,所以还必须保留超外差型的模拟变频电路。ADC 和 DAC 更接近 RF,直接数字变频式处理的 IF 已调信号在 70MHz 以上,而且采用正交变频直接产生 I/Q 中频信号送入 ADC、DAC 进行数字处理。目前的移动通信系统(包括基站和移动手机)都类似于这种直接数字变频式通信系统结构。

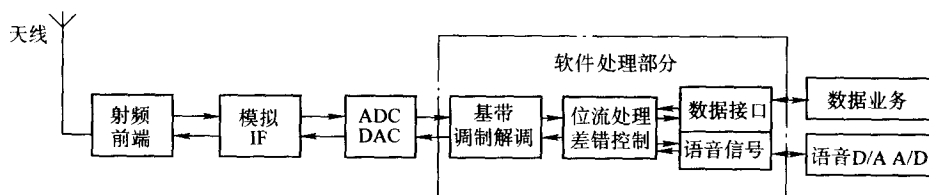


图 1-8 直接数字变频通信机系统结构

软件无线电通信机是未来的发展方向。软件无线电是指由软件来确定和完成无线电通信机的功能,使得多频段、多模式、多信道、多速率、多协议等多功能通信成为可能。它的重要特点是射频直接数字化,采用高速 DSP 和 FPGA 取代传统的专用芯片 ASIC,进行从射频到基带部分的软件化数字信号处理。因此,软件无线电通信机是通信与计算机的有机结合,处理通信信号的计算机系统结构如图 1-9 所示。

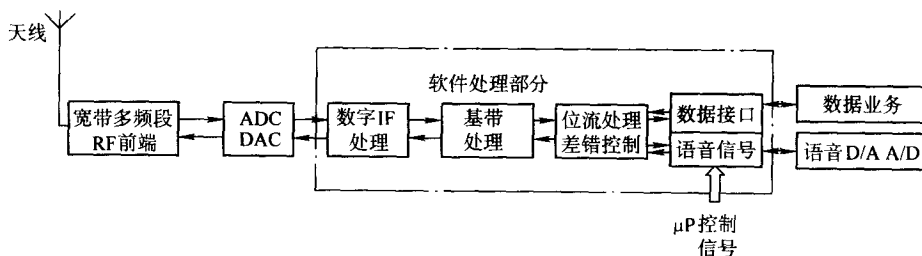


图 1-9 软件无线电通信的典型系统结构

由图中可知,软件无线电通信结构的系统是由信道处理模块、控制管理模块和软件工具模块等 3 部分组成。其中,信道处理模块实际上是一个无线发信机,包括 RF、IF、基带处理、信源编解码和 A/D、D/A 等部分,A/D、D/A 应尽可能地靠近天线端,理想的 A/D、D/A 要求直接与天线连接。 μP 控制表示计算机控制。

5. 接收机性能指标

(1) 灵敏度。灵敏度是接收机主要的质量指标之一,用来表示接收微弱信号的能力。接收机正常工作(在规定的输出功率与一定的信号噪声比)时,接收天线上必需的感应电动势叫作接收机的灵敏度。比如,寻呼机的灵敏度为 $5\mu V/m$,手机的灵敏度为 $-102dBm$ 。